



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003102445/15, 29.06.2001

(24) Дата начала действия патента: 29.06.2001

(30) Приоритет: 29.06.2000 GB 0015997.0

(45) Опубликовано: 10.03.2005 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: GB 769821 A, 13.03.1957. SU 1457971 A1, 15.02.1989. SU 1599069 A1, 15.10.1990. SU 1761241 A1, 15.09.1992. SU 1039539 A, 07.09.1983. WO 8910184 A, 02.11.1989.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 29.01.2003

(86) Заявка РСТ:
GB 01/02913 (29.06.2001)

(87) Публикация РСТ:
WO 02/00334 (03.01.2002)

Адрес для переписки:

129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры",
пат.пов. С.А.Дорофееву

(72) Автор(ы):

НИЛЬСЕН Финн Патрик (NO),
ЛИНГА Харальд (NO),
ФАНТОФТ Руне (NO),
НИЛЬСЕН Инге Сверре Лунд (NO),
ЭЙДЕ Гейр Инге (NO)

(73) Патентообладатель(ли):

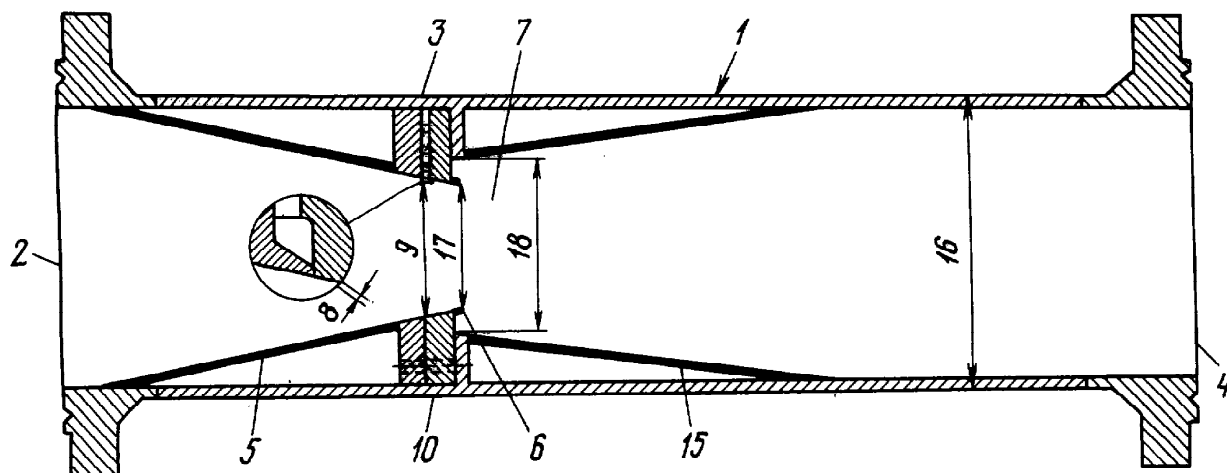
СТАТОЙЛ АСА (NO)

(54) СПОСОБ СМЕШИВАНИЯ ТЕКУЧИХ СРЕД

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу эффективного смешивания двух или более текучих средств, в частности, текучих сред в разных фазах. Изобретение также относится к устройству для осуществления способа. Изобретение, в частности, относится к способу распределения жидкости в потоке газа, включающему подачу жидкости в виде кольца по внутренней поверхности трубы, по которой проходит поток газа, при этом поток газа втягивает жидкость, проходящую тонкой пленкой вдоль внутренней поверхности трубы к острой

кромке на конце трубы, где жидкость срывается с поверхности трубы и плотно смешивается с газом. Устройство для осуществления способа содержит турбулентный смеситель, имеющий сужающуюся секцию трубы, в которой проходит газ, впускное отверстие для жидкости, которое выполнено с возможностью образования кольца из жидкости по внутренней поверхности трубы. Изобретение позволяет создать улучшенное распределение рассеянной жидкости в газе в широком диапазоне расходов жидкости. 2 н. и 25 з.п. ф-лы, 11 ил.



Фиг. 1

RU 2247595 C2

RU 2 2 4 7 5 9 5 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2003102445/15, 29.06.2001

(24) Effective date for property rights: 29.06.2001

(30) Priority: 29.06.2000 GB 0015997.0

(45) Date of publication: 10.03.2005 Bull. 7

(85) Commencement of national phase: 29.01.2003

(86) PCT application:
GB 01/02913 (29.06.2001)(87) PCT publication:
WO 02/00334 (03.01.2002)

Mail address:

129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. S.A.Dorofeevu

(72) Inventor(s):

NIL'SEN Finn Patrik (NO),
LINGA Kharal'd (NO),
FANTOFT Rune (NO),
NIL'SEN Inge Sverre Lund (NO),
EhJDE Gejr Inge (NO)

(73) Proprietor(s):

STATOJL ASA (NO)

(54) METHOD OF COMMIXING OF FLUID MEDIUMS

(57) Abstract:

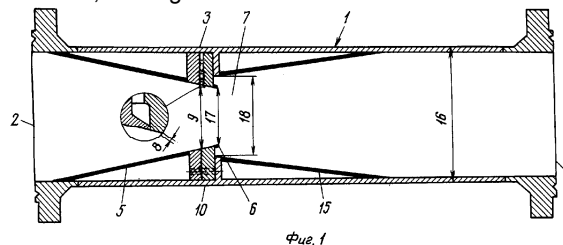
FIELD: methods of effective commixing of two or more fluid mediums.

SUBSTANCE: the invention is pertinent to a method of effective commixing of two or more fluid mediums, in particular, fluid mediums in different phases. The invention also is dealt with a device for implementation of the method. The invention, in particular, concerns to a method of distribution of a liquid in a gas stream providing for delivery of a liquid in the form of a ring along an inner surface of a pipe, in which a gas steam is passing. At that the gas stream retracts the liquid, passing as a thin film along the inner surface of the pipe towards a sharp edge on the pipe mouth, where the liquid falls down from the pipe surface and tightly commixes with the gas. The Device for realization of the method contains a turbulent mixer with a narrowing section

of the pipe, in which the gas passes; an inlet opening for a liquid, the is made with a capability to form a ring out of the liquid passing along the inner surface of the pipe. The invention ensures improved distribution of a dissipated liquid in a gas in a broad range of consumption of liquids.

EFFECT: the invention ensures improved distribution of a dissipated liquid in a gas in a broad range of consumption of liquids.

27 cl, 11 dwg



Настоящее изобретение относится к способу эффективного смешивания двух или более текучих сред, в частности текучих сред в разных фазах. Изобретение также распространяется на устройство для осуществления способа. Изобретение также относится к системам для разделения текучих сред, в частности к избирательному извлечению компонента или компонентов из смеси газов с использованием жидкого растворителя или реагента. Например, настоящее изобретение может относиться к абсорбции кислых газов, таких как CO_2 , H_2S , NO_x , окисей серы и т.д. из природного газа и из газообразных продуктов сгорания. Другой вариант применения может относиться к дегидратации газов посредством впрыскивания химических реактивов.

В известных системах для смешивания текучих сред в разных фазах используются колонны, которые могут быть насадочными колоннами, тарельчатыми колоннами или колпачковыми колоннами или колоннами с некоторой другой формой контактной среды. В этих системах различные текучие среды обычно протекают с противотоком.

Системы известного уровня техники имеют недостаток, заключающийся в том, что для достижения существенной степени контакта газа и жидкости колонны должны быть большими, и их работа затрудняется излишним пенообразованием. Кроме того, отношение максимального потока к минимальному противоточных смесителей ограничен вследствие "захлебывания". Кроме того, любая последующая секция отбора продукта, которая может требоваться для извлечения газа из раствора, также должна быть большой для обращения с большим объемом используемого растворителя или реагента. Поскольку операция выполняется хорошо при высоком давлении, и поскольку применяемые текучие среды могут быть очень агрессивными, капитальные затраты на большие колонны и последующие секции отбора продукта будут высокими. Кроме того, эксплуатационные расходы и расходы на текущее обслуживание будут также высокими.

В известных системах для абсорбции кислых газов используется жидкий растворитель; типичные растворители включают амины, такие как метилдиэтаноламин (MDEA), моноэтаноламин (MEA) и диэтаноламин (DEA). Также могут использоваться смеси растворителей. Эти растворители могут входить в контакт с высокосернистой газовой смесью (газовой смесью, содержащей кислые газы) в колонне, такой, как описано выше. К ним также относятся те же проблемы, относящиеся к размеру колонны и объему требуемого растворителя.

В альтернативном варианте, жидкость, вступающую в необратимую реакцию (также называемую поглотителем), можно просто впрыскивать в газ или пропускать через какую-либо форму сопла (например, шириной 0,2 мм), таким образом, пытаясь дробить или распылять жидкость и увеличивать площадь поверхности жидкости, входящей в контакт с газом. Эта жидкость вступает в необратимую реакцию с газом и не очищается для последующего повторного использования. Эта система имеет недостаток, заключающийся в том, что сопло, необходимое для распыления жидкости до требуемого уровня, очень небольшое и легко закупоривается. Также очень трудно распылять вязкие жидкости, такие как поглощающие растворители, при требуемых отношениях максимального потока к минимальному расходу жидкости (низких расходах жидкости). Кроме того, сопло дает только точечное распределение жидкости, что обеспечивает лишь локализованное смешивание.

Таким образом, задачей настоящего изобретения является решение указанных выше проблем и создание устройства для улучшенного распределения рассеянной жидкости в газе в широком диапазоне расходов жидкости.

Другой задачей настоящего изобретения является создание способа избирательной абсорбции текучего компонента из текучей смеси с высокой степенью эффективности и более экономично (с меньшим потреблением химического реактива, опережающим предписанные нормативы), чем согласно существующим способам. В частности, задачей настоящего изобретения является создание способа избирательного извлечения избранного газового компонента из потока газа с высокой степенью эффективности.

Согласно первому варианту настоящего изобретения, создан способ распределения

жидкости в потоке газа, который включает подачу жидкости в кольцевое отверстие по всей окружности трубы, в которой проходит поток газа, при этом поток газа втягивает жидкость, движущуюся тонкой пленкой по внутренней поверхности трубы до острой кромки на конце секции трубы, где жидкость срывается с поверхности трубы и плотно смешивается с газом.

5 Разбиение пленки жидкости на нити и капли зависит от относительной скорости между газом и жидкостью и, таким образом, можно распылять вязкие жидкости при низких расходах жидкости. Преимущество этого состоит в том, что относительно легко регулировать количество используемой жидкости при эффективном использовании абсорбирующей способности жидкости.

10 Смешивание газа и жидкости происходит в турбулентном потоке и является очень интенсивным и приводит к очень эффективному контакту газа и жидкости. Эффективное смешивание означает, что абсорбция может происходить очень быстро и в относительно малом количестве растворителя по сравнению с количеством, требуемым с обычным соплом. Это, в свою очередь, означает, что количество содержащейся в оборудовании жидкости резко сокращается. При использовании способа, соответствующего настоящему изобретению, можно достигать сокращения количества жидкости приблизительно до 40% по сравнению с обычной технологией использования сопла/статического смесителя без потери эффективности газо-жидкостной передачи. Это особенно существенно в ситуациях, когда реакция необратима, и использованная жидкость должна поступать в отходы и, таким образом, желательно использовать как можно меньше жидкости и использовать ее с максимальной эффективностью.

Одновременно с уменьшением количества потребляемой жидкости, используемая смесительная система простая и недорогая по сравнению с системами известного уровня техники, что приводит к уменьшению расходов на строительство и текущее обслуживание, а также к экономии далее в процессе работы, как

было упомянуто выше. Наконец, в определенных вариантах применения может быть достигнута степень эффективности извлечения избранного газового компонента (например, кислого газа из природного газа или из газообразных продуктов сгорания), приближающаяся к 100%.

30 Предпочтительно, способ осуществляют как непрерывный процесс, при этом газ и жидкость проходят параллельным потоком. Параллельный поток исключает проблемы, связанные с пенообразованием или "захлебыванием", поскольку отделение может легко осуществляться после (по ходу процесса) смесителя.

Предпочтительно, расположенная перед (по ходу потока) реакционной зоной секция 35 трубы, по которой проходит поток газа, выполнена в виде сужающейся трубчатой секции, в которой, благодаря ее конфигурации, ускоряется газ, когда он проходит мимо кольца из жидкости. Этот ускоренный поток газа, предпочтительно, втягивает жидкость, проходящую тонкой пленкой вдоль стенки трубы до острой кромки, где жидкость разбивается на нити. Получение этих нитей жидкости определяется относительной скоростью между газовой и жидкой фазами, геометрией кромки и поверхностным натяжением на границе между газом и жидкостью.

В реакционной зоне сразу за острой кромкой нити жидкости дополнительно разбиваются на малые капли, которые образуют очень эффективные площади для переноса массы. Разбиение нитей жидкости на капли определяется числом Вебера (We)

$$45 \quad We = \frac{\rho_g U^2 d}{\sigma}$$

где ρ_g – это плотность газа, U – это относительная скорость газовой и жидкой фаз, d – это характеристическая размерность нити и σ – это поверхностное натяжение на границе 50 между жидкостью и газом. Разбиение нитей происходит, когда $We > We_{cr}$ – критического значения для числа Вебера. Эксперименты в аэродинамической трубе, в которых капли впрыскивались в поле течения, показали, что We_{cr} находится в пределах 8-10 (см. Krzeczowski S. "Measurement of liquid droplet disintegration mechanisms" Int. J. Multiphase

Flow, том 6, стр. 227-239, 1980 г.).

Когда жидкость разделена на капли, газ и жидкость, предпочтительно, плотно смешиваются по всей радиальной протяженности трубы и не концентрируются в центральной зоне. Радиальное смешивание капель определяется числом Рейнольдса (Re)

$$Re = \frac{\rho_m U_m D}{\mu_m}$$

где D - это локальный диаметр трубы, U_m – это локальная скорость смеси, ρ_m и μ_m – это плотность и вязкость жидкой смеси соответственно.

Радиальное распределение также зависит от соотношения между диаметром горловины на уровне кромки и диаметром обычной трубы, ограничивающей кольцевую зону, в которой образуются капли. Подача жидкости в кольцевое отверстие по всей окружности трубчатой секции обеспечивает распределение жидкости по всему сечению трубы в отличие от точечного распределения соплом.

Способ может, при необходимости, включать дополнительный этап разделения газовой фазы и жидкой фазы после смешивания в турбулентном потоке. Жидкая фаза, при необходимости, затем может быть обработана для извлечения абсорбированного газового компонента и может рециркулировать в реактор.

Следует отметить, что изобретение особенно применимо для осуществления любой реакции абсорбции с быстрой кинетикой реакции, например абсорбции компонента, являющегося кислым газом, таким как H_2S . Изобретение также применимо для осуществления химических реакций с быстрой кинетикой реакции, когда требуется хорошее смешивание реагентов.

Способ может также обеспечивать извлечение одного избранного компонента из смеси газов. В альтернативном варианте, способ обеспечивает извлечение множества газовых компонентов из потока газа с использованием либо общего растворителя или реагента, либо соответствующих растворителей или реагентов. Согласно другому варианту изобретения газовым потоком является один абсорбируемый газообразный компонент.

Предпочтительно, после сужающейся трубы следует расширяющаяся секция для расширения газа, уменьшения скорости газа и увеличения давления газа. Таким образом, система может работать с относительно малым постоянным перепадом давлений по всей системе.

Устройство не зависит от наклона трубы, но предпочтительно она не устанавливается непосредственно перед изгибом трубы, поскольку это может нарушить генерируемый по существу однородный поток. Предпочтительно, устройство расположено по существу горизонтально.

Изобретение также относится к устройству для осуществления способа. Предпочтительно, устройство содержит турбулентный смеситель, имеющий сужающуюся трубу, по которой проходит поток газа, впускное отверстие для жидкости, выполненное так, что оно образует кольцо из жидкости вокруг внутреннего периметра сужающейся трубы, острую кромку на конце сужающейся трубы и дополнительную трубчатую секцию, расположенную после (по ходу потока) острой кромки. Предпочтительно, после острой кромки расположена расширяющаяся секция для восстановления части давления, упавшего в суживающейся секции.

Предпочтительно, острая кромка образует по существу прямой угол, хотя для использования с конкретными жидкостями могут быть предпочтительными как острый, так и тупой углы. Назначением острой кромки является образование средства для эффективного распределения жидкости в потоке газа. Если острая кромка образует острый угол (то есть, она имеет грань, наклоненную назад, в сторону сужающейся трубчатой секции), кромка может быть более острой, что предпочтительно при использовании с более вязкими жидкостями, которые сильнее связываются с поверхностью трубы. В альтернативном варианте, для менее вязкой жидкости тупой угол может быть достаточным для распределения жидкости в трубе.

Предпочтительно, из потока газа и из жидкости в смесителе образуется однородная смесь, и однородная смесь затем разделяется на газовую фазу и жидкую фазу в резервуаре, расположенном дальше по ходу потока. При необходимости это разделение фаз осуществляется в гидроциклоне.

5 Предпочтительно, растворитель или реагент в жидкой фазе подвергается регенерации для извлечения абсорбированного избранного газового компонента. Предпочтительно, регенерированная, содержащая растворитель жидкая фаза рециркулируется в смеситель.

Предпочтительно, регенерацию осуществляют посредством нагрева и/или отгона абсорбированного газового компонента в испарительной колонне. Предпочтительно, после 10 смешивания охлаждение и регенеративный подогрев обеспечиваются, по меньшей мере частично, посредством взаимного теплообмена.

Изобретение может использоваться в турбулентном смесителе для абсорбции избранного газового компонента из потока газа посредством введения потока газа в контакт с жидкостью, включающей растворитель или реагент для избранного газового компонента, 15 что, таким образом, приводит к абсорбции газового компонента растворителем или реагентом. В частности, изобретение может использоваться в смесителе, соответствующем настоящему изобретению, для абсорбции кислых газов, таких как H_2S и CO_2 , из природного газа. Ниже будет подробно описан ряд конкретных вариантов применения устройства и способа, соответствующих настоящему изобретению.

20 Гибкость применения устройства и способа, соответствующих настоящему изобретению, позволяют использовать их в широком круге областей. В частности, способность системы работать с очень высокими соотношениями газа/жидкости с очень малыми расходами вязких жидкостей обеспечивает эффективное использование жидких растворителей и реагентов, доводя до максимума количество поглощенного растворителем газа без 25 отрицательного влияния на общие характеристики работы системы.

Пригодные растворители для использования согласно способу, соответствующему настоящему изобретению, включают амины, такие как метилдиэтаноламин (MDEA), моноэтаноламин (MEA) и диэтаноламин (DEA) и смеси растворителей. В вариантах для 30 поглощения H_2S предпочтительны растворители, обеспечивающие необратимую реакцию. Морская вода также пригодна в качестве растворителя, поскольку экстенсивное использование невысокой поглощающей способности растворителя при низкой стоимости растворителя может во многих случаях компенсировать пониженную поглощающую способность.

Описанные разделение/абсорбция/реакция обычно являются отдельными операциями, 35 однако следует отметить, что может выполняться много операций разделения/абсорбции/реакции. Они могут выполняться одновременно или поочередно и могут также выполняться последовательно или параллельно. В частности, может применяться больше одного турбулентного смесителя в одной газовой трубе.

Таким образом, изобретение также распространяется на способ повторного смешивания 40 многофазного потока. Предпочтительно, многофазный поток проходит по сужающейся трубе к острой кромке, где поток разбивается и происходит турбулентное смешивание по всей радиальной протяженности трубы. При необходимости, перед острой кромкой может также подаваться жидкость. Предпочтительно, эту жидкость подают в форме кольца из жидкости на внутреннюю поверхность трубы. Затем жидкость в форме тонкой пленки 45 проводится ускоряющимся многофазным потоком к острой кромке трубы, где жидкость разбивается на нити. Эти нити затем, предпочтительно, разбиваются на капли и плотно смешиваются с многофазным потоком по всей ширине трубы. При необходимости, после реакционной зоны может быть расположена расширяющаяся секция, в которой давление многофазного потока повышается, таким образом, сводя к минимуму постоянный перепад 50 давлений в смесителе.

Описанные выше способы и системы могут использоваться для избирательного извлечения одного или более газовых компонентов из потока газа. Избирательная абсорбция может осуществляться посредством регулирования продолжительности

обработки в системе. Поскольку скорости реакции для абсорбции разных газов определенным растворителем будут изменяться, можно избирательно абсорбировать один газ предпочтительно перед другим в течение регулируемого периода времени. Примером этого является избирательная абсорбция H_2S амином, которая происходит фактически мгновенно, предпочтительно перед CO_2 , который абсорбируется медленнее.

Избирательная абсорбция H_2S предпочтительно перед попутной абсорбцией CO_2 амином приводит к повышению эффективности использования амина. Благодаря уменьшению попутной абсорбции CO_2 может достигаться требуемый уровень извлечения H_2S с использованием меньшего количества жидкого амина. Уменьшение количества используемой жидкости относится и к регенерационной системе и обеспечит уменьшение размеров требуемого устройства. Значительно снижаются как монтажные, так и эксплуатационные расходы. Такие уменьшения расходов могут быть достигнуты с использованием стандартных растворов амина и не требуют производства специально приспособленных химических систем.

Возможное повышение эффективности извлечения, например, кислых газов делает настоящее изобретение особенно ценным ввиду возрастания осведомленности о потенциальном вреде для окружающей среды, который могут наносить кислые газы в выбросах, таких как газообразные продукты сгорания.

Кроме того, небольшие размеры устройства по сравнению с обычными абсорбционными колоннами делают изобретение особенно применимым для использования на морских объектах, например на борту танкеров снабжения, где существует дефицит свободного пространства.

Изобретение может быть осуществлено на практике различными путями, и ряд конкретных вариантов его осуществления будет описан на примерах для иллюстрирования изобретения со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых:

на фиг.1 изображен вид турбулентного смесителя, пригодного для использования согласно способу, соответствующему настоящему изобретению;

на фиг.2 изображен схематический вид, на котором показано разбиение пленки жидкости на капли;

на фиг.3 изображен вид второго турбулентного смесителя, пригодного для использования согласно способу, соответствующему настоящему изобретению;

на фиг.4 изображен увеличенный вид части для впуска потока жидкости смесителя, показанного на фиг.3, обведенной кругом А;

на фиг.5 изображен график сравнения характеристик смесителя, соответствующего настоящему изобретению, и смесителя, соответствующего известному уровню техники;

на фиг.6 изображен смеситель, подобный использованному при сравнительных испытаниях, результаты которых показаны на фиг.5;

на фиг.7 изображен график концентрации H_2S относительно продолжительности обработки в смесителе, соответствующем настоящему изобретению;

на фиг.8 изображен график концентрации газов H_2S и CO_2 относительно расстояния от смесителя;

на фиг.9 изображены два графика, показывающих влияние коэффициента избирательности на абсорбцию CO_2 и H_2S ;

на фиг.10а схематически изображено последовательное расположение трех смесителей, соответствующих настоящему изобретению;

на фиг.10b изображен профиль концентрации при абсорбции H_2S в трех смесителях, показанных на фиг.10а;

На фиг.11 изображен график концентрации CO_2 относительно продолжительности обработки для разных вариантов растворителей.

На фиг.1 показан турбулентный смеситель, который используется в соответствии со способом, соответствующим настоящему изобретению. Смеситель 1 содержит входное отверстие 2 для потока газа, впускное отверстие 3 для жидкости и выпускное отверстие 4. Поток газа подается во входное отверстие для газа, которое ведет в сужающуюся

трубчатую секцию 5. Сужающаяся трубчатая секция 5 ускоряет поток газа, когда он проходит мимо впускного отверстия 3 для жидкости к концу трубчатой секции 5, где расположена острая кромка 6. После (по ходу потока) этой острой кромки 6 расположена реакционная зона 7, где газ и жидкость, предпочтительно, образуют однородную смесь.

5 Жидкость подается во впускное отверстие 3 для потока жидкости, откуда она подается контролируемым образом внутрь сужающейся трубчатой секции 5. Жидкость находится в трубе в форме кольца на внутренней поверхности трубы. Первоначальная фазовая скорость жидкости, подверженной воздействию потока газа, определяется расходом жидкости, размером 8 зазора и диаметром 9 кольцевого отверстия. Размер 8 зазора может
10 изменяться посредством передвижения блоков 10. Зазор будет изменяться с учетом используемого жидкого растворителя, характеристики которого могут существенно изменяться. Диаметр 9 кольцевого отверстия для жидкости может изменяться посредством изменения угла сужения трубы или перемещения кольцевого отверстия для жидкости относительно конца сужающейся трубы.

15 Кольцо из жидкости, находящееся на внутренней поверхности трубы, всасывается потоком газа и проходит по внутренней поверхности трубы в виде пленки 11. Это лучше видно на фиг.2. Пленка 11 жидкости плотно связана с поверхностью трубчатой секции 5, пока она не достигнет острой кромки 6. В этой точке пленка жидкости разбивается на нити 12. Образование нитей и их последующий вектор скорости определяется относительной
20 скоростью между газовой и жидкой фазами, поверхностным натяжением на границе между жидкостью и газом и острой кромкой 6. Вследствие высокой турбулентности в реакционной зоне 7, нити 12 дополнительно разбиваются на очень малые капли 13, которые создают очень высокое отношение площади поверхности к объему, что, таким образом, обеспечивает очень эффективное использование подаваемой жидкости. Это позволяет
25 использовать значительно меньшие количества жидкости по сравнению с требуемыми в ходе процессов известного уровня техники. Формированию капель в реакционной зоне способствует высокое число Вебера и, следовательно, большой расход газа.

Малые капли жидкости и газ плотно смешиваются в реакционной зоне 7, и многофазный поток проходит через конический диффузор 15 (см. фиг.1), где часть давления, упавшего
30 при ускорении потока газа в сужающейся трубчатой секции 5, восстанавливается. Многофазный поток затем проходит в разделительный резервуар, такой как гидроциклонная установка, где "очищенный" поток газа отделяется от жидкости, которая теперь включает абсорбированный газ (газы). Жидкость может быть регенерирована (или нет) и, в случае ее регенерации, может рециркулироваться к впускным отверстиям 3 для
35 жидкости.

На фиг.3 показан второй вариант выполнения смесителя, пригодный для использования согласно способу, соответствующему настоящему изобретению. Смеситель 20 имеет входное отверстие 22 для газа, впускное отверстие 23 для жидкости и выпускное отверстие 24. Поток газа подается во входное отверстие для газа, которое ведет к сужающейся
40 трубчатой секции 25 для ускорения потока газа. На конце сужающейся трубчатой секции расположена острая кромка 26, после которой расположена реакционная зона 27, где газ и жидкость, предпочтительно, образуют однородную смесь. Одним различием между смесителем, показанным на фиг.1, и смесителем, показанным на фиг.3, является относительное расположение впускного отверстия для жидкости и образуемого кольца из
45 жидкости. В этом случае жидкость подается во впускное отверстие 23, откуда она проходит по каналам 23a и 23b в емкость 23c, которая расположена вокруг окружности трубы. Затем жидкость проходит по каналу 23d, который также расположен по всей окружности трубы (см. фиг.4), в кольцевое отверстие во внутренней поверхности сужающейся секции трубы. Благодаря созданному касательному напряжению и динамическому давлению,
50 приложенному газом к жидкости, поток жидкости остается связанным с поверхностью трубы, пока не достигает острой кромки 26.

Другим различием между двумя смесителями является наклон сужающихся секций 5, 25 трубы. В смесителе 20 сужающаяся секция 25 трубы имеет существенно более крутой

наклон, чем в смесителе 1, и, таким образом, достигает района с уменьшенным поперечным сечением при такой же длине трубы. Соотношение диаметров горловины и трубы, а также угол схождения конуса могут изменяться независимо. Это уменьшенное поперечное сечение будет приводить к большему ускорению потока газа при его приближении к острой кромке, но, следовательно, будет также приводить к большему перепаду давлений. Кроме того, на выбор угла схождения трубы будет влиять постоянный перепад давлений, который необходим для всего устройства. Как отмечалось выше, разбиение жидкости на нити и затем на капли регулируется числом Вебера. Оно подчиняется квадрату относительной скорости газовой и жидкой фаз. Таким образом, небольшое изменение скорости потока газа, частично регулируемое ускорением, создаваемым углом схождения трубчатой секции, может значительно влиять на разбиение жидкости и, следовательно, на эффективность работы системы.

На фиг.4 показано увеличенное сечение зоны, обведенной кругом А на фиг.3. Здесь показано более подробно прохождение жидкости через впускное отверстие 23 для жидкости. Жидкость проходит по каналам 23а и 23b в камеру 23с, которая расположена вокруг окружности трубы. Жидкость затем поступает через узкий канал 23d на внутреннюю поверхность конической секции 25 трубы. Как показано, канал 23d очень узкий и может иметь ширину в пределах всего 0,2 мм. Перепад давлений в этом канале точно контролируется и регулируется для получения однородно распределенного непрерывного потока жидкости по всей окружности трубы в сужающейся секции 25 трубы. Как отмечалось выше, размер канала 23d регулируется перемещением блоков 30 и 31. Прерывистая линия 25а показывает альтернативный наклон сужающейся секции 25, который обеспечивает более высокую скорость газовой фазы и, следовательно, усиленное смешивание, но будет увеличивать постоянный перепад давлений во всем устройстве. Это изменение может быть получено посредством простой замены одной части устройства на другую.

После реакционной зоны 27 непосредственно за острой кромкой 26, где газ и жидкость плотно смешиваются, расположена расширяющаяся секция 28 для компенсации части перепада давлений. Длина секции 28 может изменяться для регулирования степени восстановления давления. После расширяющейся секции 28, предпочтительно, расположена прямая труба значительной длины для поддержания созданной структуры потока и обеспечения продолжения реакции (см. фиг.3). Рекомендуемая длина прямой трубы должна быть в пределах 15-20 диаметров стандартной трубы.

Типичные размеры диаметров смесителей могут находиться в пределах 51-1016 мм (2-40 дюймов). В частности, устройство для очистки природного газа может иметь диаметр трубы 16 (см. фиг.1), составляющий 610 мм (24 дюйма), и диаметр 17 острой кромки, составляющий 253 мм (10 дюймов). Начальный диаметр 18 расширяющейся трубы может составлять 370 мм (14,5 дюйма). Как отмечалось выше, диаметр острой кромки может изменяться наряду с наклоном сужающейся трубы, и другие диаметры острой кромки, которые могут использоваться, включают 296 мм (11,7 дюйма), подобно показанному на фиг.3, и 272 мм (10,7 дюйма).

Настоящее изобретение может использоваться для извлечения H_2S из природного газа. Природный газ может подаваться в смеситель под любым давлением. В типичном случае оно может составлять от 20 до 150 бар. В типичном случае используемой жидкостью будут регенерируемые амины, например моноэтаноламин, диэтаноламин или метилдиэтаноламин. Кроме того, могут использоваться нерегенерируемые растворители, такие как химические реактивы на основе триазина. В основном, эти растворители очень активно вступают в реакцию с H_2S в том смысле, что реакция происходит быстро, и требуется очень небольшое количество жидкости для большого объема обрабатываемого газа. В типичном варианте, расход жидкости может быть в пределах от 200 до 1000 л/час, и расход газа может быть в пределах 15 миллионов стандартных кубических метров в сутки с первоначальной концентрацией H_2S , в типичном случае составляющей 10-100 об. пропромилле. Таким образом, соотношение газа и жидкости может быть очень высоким, например до 20000 при использовании нерегенерируемых поглощающих жидкостей. Это

соотношение значительно выше того, с которым работают обычные системы. Температура реакции может быть в пределах от 0°C до 150°C. Рабочая температура может подбираться для максимизации эффективности используемого растворителя. Как отмечалось выше, способ, соответствующий настоящему изобретению, обеспечивает уменьшение количества используемой жидкости в отношении нерегенерируемого растворителя, например, на 40% по сравнению с системами известного уровня техники. Для регенерируемых растворителей избирательная способность поглощения желательного газового компонента предпочтительно перед нежелательной попутной абсорбцией других компонентов может приводить к подобным или даже большим уменьшениям количества жидкости, циркулирующей в системе.

На фиг.5 показаны результаты сравнительного испытания, проведенного со смесью из 10% CO₂ и воздуха с использованием жидкого растворителя в форме смеси 20% моноэтаноламина с водой. Рабочее давление составляло 13 бар, и температура составляла 15°C. Соотношение расходов газа и жидкости составляло 70, и приведенная скорость смеси составляла 12 м/сек. Результаты для смесителя, соответствующего настоящему изобретению, обозначены кодом B068, и они показывают, что получено существенное уменьшение концентрации CO₂ в потоке газа после прохождения всего 10 метров трубы. Устройство, использованное для этого испытания, имело смеситель, подобный показанному на фиг.1, в положении 0 метров и имело дополнительный смеситель без выходного диффузора в положении 6,6 метров дальше впускного отверстия. Очевидно, что способ, соответствующий настоящему изобретению, обеспечивает получение улучшенных характеристик по сравнению со смесителем известного уровня техники, подобным показанному на фиг.6, результаты работы которого обозначены кодом B049.

Смеситель 100, показанный на фиг.6, содержит резервуар 101, имеющий первое впускное отверстие 102 для жидкости, второе впускное отверстие 103 для жидкости и выходное отверстие 104, ведущее в канал 105 в форме трубки Вентури. Труба 106 (которая может быть перфорированной или неперфорированной) проходит от выходного отверстия 104 назад в резервуар 101.

Специалисту в данной области техники будет понятно, что результаты экспериментов, описанные выше, не зависят от абсорбируемого газа или от растворителя, используемого для поглощения этого газа. Таким образом, ясно, что описанный выше способ распределения жидкости в потоке газа и последующей избирательной передачи газа из смеси газов в жидкий растворитель для этого газа может применяться с любым газом и любым соответствующим растворителем.

Теперь для примера будет более подробно описан ряд конкретных вариантов применения способа и устройства, соответствующих настоящему изобретению.

Смесители, соответствующие настоящему изобретению, могут использоваться для поглощения H₂S из газов, в которых первоначальная концентрация H₂S в типичном случае может быть в пределах 10-100 об. пропромилле. Как отмечалось выше во вводной части, извлечение H₂S из природного газа для соответствия техническим условиям для трубопровода (менее 20 пропромилле по требованиям безопасности и в пределах 2-4 пропромилле для соответствия требованиям поставки) обычно осуществляют при помощи либо противоточной колонны с использованием регенеративных аминовых систем, либо посредством поглощения H₂S. В ходе последнего процесса химический реактив, впрыскиваемый в поток газа в трубе, вступает в необратимую реакцию с H₂S, являющимся компонентом потока газа. Поскольку поглощающий материал не регенерируется, это вызывает большие производственные расходы, связанные с потреблением поглощающего материала. При использовании способов впрыскивания, соответствующих известному уровню техники, относительно низкий расход жидкости по сравнению с потоком газа приводит к недостаточному смешиванию текучей среды. Лучшее смешивание и, следовательно, большая эффективность могли бы обеспечивать уменьшение количества необходимого дорогого поглощающего материала.

Настоящее изобретение обеспечивает очень высокую эффективность переноса массы между H_2S и растворителем посредством эффективного образования капель по всей ширине трубы. Это, таким образом, повышает эффективность действия жидкого растворителя и уменьшает потребление поглощающего H_2S химического реагента без отрицательного влияния на уровень снижения концентрации H_2S .

Было обнаружено, что использование устройства и способа, соответствующих настоящему изобретению, приводит к 30-40-процентному уменьшению потребления поглощающего химического реагента по сравнению с обычными поглотительными системами. Небольшие размеры устройства позволяют использовать его в дополнение к существующим системам, таким образом, уменьшая количество жидкости, используемой в существующих колоннах.

Избирательное извлечение H_2S может быть также полезным в других областях, если нет необходимости снижать уровень CO_2 в потоке газа. В процессах, соответствующих известному уровню техники, существенную часть способности амина поглощать высокосернистый газ отбирает ненужная абсорбция CO_2 . Если бы эту поглощающую способность можно было высвободить для абсорбции H_2S , количество и размер реакторов и трубопроводов можно было бы уменьшить, сокращая требуемое пространство и капитальные и эксплуатационные расходы.

Результаты экспериментов с потоком газа, который на входе содержал 20 об. пропромилле H_2S и 10% CO_2 под давлением 13 бар и при расходе газа, составляющем 250 $m^3/час$, показали, что можно достигать извлечения 82% H_2S при соотношениях расходов газа и жидкости более 300, и что можно достигать извлечения 90% (то есть снижения до 2 об. пропромилле H_2S) при соотношениях, составляющих приблизительно 230. Такие соотношения существенно выше тех, которые можно использовать в обычном устройстве с той же целью.

На фиг.7 показано почти мгновенное действие смесителя по абсорбции H_2S . Менее чем за 0,1 сек уровень H_2S упал с 20 до 2 об. пропромилле. По мере возрастания продолжительности обработки далее по ходу потока концентрация H_2S вновь возрастает, поскольку абсорбируется CO_2 . Компенсация, показанная на фиг.9, поясняет ход абсорбции газа, происходящей в устройствах для отбора проб газа.

Для регенеративных систем количество жидкости в системе значительно уменьшено благодаря избирательной способности стандартного амина предпочтительно в отношении H_2S перед CO_2 , достигаемой с использованием устройства, соответствующего настоящему изобретению. Короткое время контакта, достигнутое благодаря параллельному потоку, обеспечивает предпочтительное поглощение H_2S перед CO_2 . Таким образом, требуется меньше регенерируемой жидкости, и, соответственно, ее количество на предприятии снижается.

В ходе экспериментальных исследований была испытана пригодность смесителей, соответствующих настоящему изобретению, для избирательного извлечения H_2S предпочтительно перед CO_2 . В отношении природного газа с первоначально высоким содержанием CO_2 и низким содержанием H_2S требуется очень избирательная обработка для извлечения H_2S до уровня технических требований. Термин "избирательная способность извлечения H_2S предпочтительно перед CO_2 " можно определить как относительное изменение концентрации H_2S за единицу времени, разделенную на относительное изменение концентрации CO_2 за единицу времени. Избирательная способность будет меняться со сменой растворителей.

Избирательная способность наряду с другими переменными, такими как поглощающая способность и первоначальное количество поглощенного растворителем вещества, определяет необходимую скорость циркуляции растворителя. Избирательная способность может изменяться посредством изменения площади поверхности, доступной для контакта газовой фазы и растворителя, и временем контакта для фактического распределения фаз. Очень эффективное смешивание в смесителе, соответствующем настоящему изобретению, приводит к сокращению продолжительности обработки по сравнению с

обычными колоннами. Благодаря более медленной абсорбции CO_2 , недостаточно времени для существенного уровня снижения концентрации CO_2 . На фиг.8 показан профиль концентрации H_2S и CO_2 в трубе, расположенной после смесителя, соответствующего настоящему изобретению. Входящий поток газа содержит 2,75% H_2S и 1,5% CO_2 , и эта концентрация обозначена в положении 0 метров на графике. Модели, использованные для

получения кривых, показанных на графике, по существу относятся к кинетической теории первого порядка для абсорбции высокосернистого газа в смесителе, таком как показанный на фиг.1 или фиг.3. Можно видеть, что в смесителе происходит значительная абсорбция H_2S , тогда как абсорбция CO_2 фактически не происходит.

На фиг.9 изображены два графика, показывающих заданные концентрации газов и профили количества поглощенных растворителем газов вдоль трубы после смесителя для разных коэффициентов избирательности. На графиках не показан эффект действия смесителя, но на них показаны изменения концентрации вдоль трубы. В растворитель предварительно загружено 0,001 моля H_2S на моль растворителя. Верхний график показывает влияние CO_2 , поглощаемого по мере увеличения удаления от точки входа. Для обеих избирательных способностей 25 и 200 значение CO_2 не показало существенного изменения относительно стартового значения 5 об.%. Однако при взгляде на кривые для H_2S ясно видно, что при более низкой избирательной способности 25 концентрация H_2S в потоке существенно увеличивается, поскольку абсорбируется CO_2 , вытесняющий H_2S из растворителя. При избирательной способности 200 этот эффект значительно меньше выражен и пренебрежим в показанном масштабе длины. Второй график показывает количество поглощенных растворителем H_2S и CO_2 для различных избирательных способностей. Вновь, для более низкой избирательной способности 25 концентрация H_2S в растворе падает, поскольку абсорбируется CO_2 , вытесняющий H_2S .

Настоящее изобретение может также использоваться для избирательной абсорбции H_2S предпочтительно перед CO_2 с использованием регенерируемого растворителя в ситуациях, когда первоначальная концентрация H_2S выше, такая как 2-5 об.%, например, в перерабатывающей промышленности. Это особенно предпочтительно в тех случаях, когда H_2S должен перерабатываться в установке Клауса для преобразования H_2S в жидкую серу. CO_2 действует в установке Клауса как инертный газ, уменьшая производительность по извлечению серы. Использование способа и устройства, соответствующих настоящему изобретению, с необходимым амином позволяет абсорбировать H_2S преимущественно перед CO_2 благодаря кинетической избирательности. H_2S абсорбируется почти мгновенно, тогда как CO_2 абсорбируется в течение значительно более продолжительного периода времени.

Особенно предпочтительное устройство для достижения требуемой абсорбции H_2S показано на фиг.10а, где ряд смесителей с параллельным потоком, соответствующих настоящему изобретению, расположены последовательно, при этом растворитель, подаваемый в завершающую ступень (где на выходе получают чистый газ), рециркулирует в предшествующую ступень (где концентрация H_2S более высока) и т.д. Таким образом, система в целом работает с противотоком, хотя отдельные ступени смешивания все же работают с параллельным потоком и, соответственно, обеспечивают преимущество кинетической избирательности в отношении H_2S . Когда поток газа направляется через разные ступени, газ подвергается воздействию растворителя с последовательно понижающимся количеством поглощенного газа.

На фиг.10а показано последовательное расположение смесителей, которое может использоваться, в частности, для избирательного извлечения H_2S предпочтительно перед CO_2 . Каждый из отдельных смесителей 50, 60, 70 имеет объединенный с ним сепаратор 51, 61, 71. Поток 81 высокосернистого газа подается в левый смеситель 70 вместе с потоком 93 растворителя, который уже прошел через два смесителя 50, 60. Смесь, которая выходит из смесителя 70, разделяется в сепараторе 71, и богатый H_2S растворитель 94, предпочтительно, направляют на регенерацию. Обедненный поток 82 газа проходит непосредственно во второй смеситель 60, где он обрабатывается потоком 92

растворителя, который уже прошел через смеситель 50. Вновь смесь разделяется в сепараторе 61, и поток 83 газа подается в третий смеситель 50, и поток жидкости, обогащенный H_2S , подается в смеситель 70. Поток 83 газа, который еще содержит немного H_2S , обрабатывается бедным растворителем из потока 91 в смесителе 50. Уровень H_2S в потоке газа уменьшается до допустимого уровня (например, 15 пропромилле), и обработанный газ извлекается из сепаратора 51 потоком 84. Немного более богатый H_2S растворитель проходит в потоке 92 во второй смеситель 60. Таким образом, система работает как противоточная система, благодаря чему самый бедный газ обрабатывается самым бедным растворителем, но каждая отдельная ступень также работает с параллельным потоком. Это устраняет некоторые проблемы, традиционно связанные с противоточными операциями, такие как пенообразование, низкие скорости реакции и размеры. На фиг.10b показаны примеры типичных концентраций H_2S на входе и на выходе для каждого из трех смесителей. Как и ожидалось, наибольшая абсорбция H_2S происходит в третьем смесителе 50 при обработке самым бедным растворителем.

Хотя на фиг.10a показан трехступенчатый процесс, конечно, будет понятно, что этот же принцип применим для двух ступеней или для более чем трех ступеней. Использование смесителей, соответствующих настоящему изобретению, в которых, благодаря очень эффективному смешиванию, требуется лишь очень небольшая продолжительность обработки, означает, что H_2S может избирательно абсорбироваться предпочтительно перед CO_2 . Таким образом, H_2S избирательно абсорбируется в трех колоннах, причем попутная абсорбция CO_2 остается низкой. Попутная абсорбция CO_2 может быть в пределах всего 3% CO_2 , присутствующего в каждой ступени, что дает 9-10% попутной абсорбции CO_2 во всей системе. Это можно сравнить с 60% CO_2 , присутствующего в обычных системах. Растворитель, выходящий из системы, таким образом, загружен по существу H_2S , а не CO_2 , и реакционный материал, подаваемый в установку Клауса, меньше подавляется инертным газом.

Смесители, соответствующие настоящему изобретению, могут также использоваться для извлечения высокосернистого газа под высоким давлением. Одним особенно предпочтительным преимуществом устройства, соответствующего настоящему изобретению, является то, что оно существенно более компактно, чем обычные системы и может, таким образом, быть особенно применимым в морских вариантах использования. Существующие технические требования для трубопроводов в отношении уровней CO_2 и H_2S предусматривают значения в пределах 2-4% CO_2 и 2-4 пропромилле H_2S . Одноступенчатый смеситель, соответствующий настоящему изобретению, может использоваться для одновременного снижения содержания CO_2 и H_2S до допустимых уровней при выборе необходимого растворителя. Однако многоступенчатая система могла бы использоваться для дополнительного снижения уровней этих высокосернистых компонентов газа. Например, если концентрация H_2S на входе особенно высока, например, 100 пропромилле – 5 об.%, необходимо иметь дополнительные ступени для снижения уровня содержания H_2S до требуемых 2-4 пропромилле.

На фиг.11 показаны кривые концентрации CO_2 относительно продолжительности обработки для трех разных растворителей. Можно видеть, что с использованием метилдиэтанолamina с активатором 2 при соотношении газа и жидкости, составляющем 30, получают такую же абсорбцию CO_2 , как и с использованием 20-процентного раствора моноэтаноламина при соотношении газа и жидкости, составляющем 35. При более низких соотношениях газа и жидкости можно получать количества поглощаемого раствором газа, составляющие 0,63 моля CO_2 на моль амина с использованием смесителя, соответствующего настоящему изобретению. Результаты экспериментов, таким образом, показывают, что избирательное извлечение H_2S и извлечение большей части CO_2 может достигаться с использованием устройства, соответствующего настоящему изобретению. Таким образом, с использованием устройства, соответствующего настоящему изобретению, при выборе необходимого растворителя и системы для введения в контакт реагентов может обрабатываться подаваемый газ с любой концентрацией

высокосернистого газа, в основном, находящейся в указанных выше диапазонах.

Настоящее изобретение может также использоваться для обескислороживания воды. Из морской воды для нагнетания в пласт должен удаляться растворенный кислород для уменьшения нежелательного насыщения кислородом и жизнедеятельности бактерий/водорослей в пласте. Морская вода у поверхности обычно содержит приблизительно 12 пропромилле растворенного кислорода, тогда как требования по содержанию кислорода в нагнетаемой воде предусматривают 20-40 ч. на биллион. Обычный способ обескислороживания морской воды включает очистку природным газом в противоточной колонне при атмосферном давлении или в вакууме. Остаточный кислород удаляют поглощающими кислород химическими реактивами. Это дорогостоящий процесс, поскольку используется крупное и тяжелое оборудование. Морскую воду перед нагнетанием в пласт также подвергают предварительной обработке несколькими другими химическими реактивами.

Другим хорошо освоенным способом является химическое обезгаживание, которое применяется в химической промышленности и в высокотемпературных водяных системах (например, паровых системах). Химическое удаление кислорода также применяется в процессах нагнетания воды в пласт. Однако из-за больших расходов воды химические реактивы используются только для извлечения остаточного кислорода после отгонки. Это означает поглощение O_2 .

Устройство и способ, соответствующие настоящему изобретению, могут использоваться для получения более эффективного способа обескислороживания воды. Использование природного газа в серии смесителей является очень экономичным с точки зрения использования пространства способом снижения уровня кислорода до необходимого предела.

Подобным образом устройство и способ могут использоваться для дегидратации природного газа. Традиционно воду абсорбируют с использованием растворителя гликолевого типа. Смесители, соответствующие настоящему изобретению, могут использоваться последовательно для удаления воды из природного газа перед тем, как газ будет направлен потребителю. В процессах, где также требуется извлечение кислого газа, дегидрационная установка может быть расположена после установки для извлечения кислого газа.

Указанные выше варианты применения являются только примерами широкого применения устройства и способа, соответствующих настоящему изобретению, и не являются ограничивающими его.

Формула изобретения

1. Способ распределения жидкости в потоке газа, включающий подачу жидкости в трубу, в которой проходит поток газа, при этом поток газа втягивает жидкость в форме тонкой пленки, проходящей вдоль внутренней поверхности трубы к острой кромке на конце трубы, где жидкость срывается с поверхности трубы и плотно смешивается с газом, отличающийся тем, что жидкость подают в трубу в виде кольца по внутренней поверхности трубы.

2. Способ по п.1, представляющий собой непрерывный процесс, в ходе которого газ и жидкость движутся параллельным потоком.

3. Способ по п.1 или 2, в котором секцию трубы, в которой проходит поток газа, расположенную перед (по ходу потока) реакционной зоной, выполняют в виде сужающейся секции трубы, которая ускоряет газ, проходящий через кольцо из жидкости.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, который дополнительно включает этап разделения газовой фазы и жидкой фазы после турбулентного смешивания.

5. Способ по п.4, в котором перед разделением на газовую фазу и жидкую фазу смесь охлаждают.

6. Способ по п.4 или 5, в котором жидкую фазу впоследствии обрабатывают для извлечения любого абсорбированного газового компонента.

7. Способ по п.6, в котором обработку осуществляют посредством нагрева и/или отгона абсорбированного газового компонента в испарительной колонне.

8. Способ по п.7, в котором после смешивания достигают охлаждения и регенеративного подогрева, по меньшей мере частично, посредством взаимного теплообмена.

5 9. Способ по любому из пп.6-8, в котором обработанная жидкость рециркулирует в линию подачи жидкости в трубу.

10. Способ по п.4 или 5, в котором жидкая фаза рециркулирует (без обработки) в линию подачи жидкости в трубу.

10 11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором поток газа является смесью, из которой извлекают один или более выбранных компонентов с использованием одного или более растворителей или реагентов.

12. Способ по п.11, в котором газовая смесь включает один или более кислых газовых компонентов.

15 13. Способ по любому из пп.1-10, в котором поток газа составляет один газ, который абсорбируется.

14. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором после реакционной зоны размещают расширяющуюся секцию трубы для расширения газа.

15. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором последовательно с первым смесителем устанавливают второй.

20 16. Способ по п.15, в котором используют дополнительную линию подачи жидкости во второй смеситель перед острой кромкой.

25 17. Устройство для распределения жидкости в потоке газа, содержащее турбулентный смеситель, имеющий сужающуюся секцию трубы, в которой проходит поток газа, впускное отверстие для жидкости, острую кромку на конце сужающейся трубы и дополнительную секцию трубы, расположенную по ходу потока после острой кромки, отличающееся тем, что впускное отверстие для жидкости выполнено с возможностью образования кольца из жидкости по внутренней поверхности трубы.

18. Устройство по п.17, в котором после острой кромки по ходу потока расположена расширяющаяся секция.

30 19. Устройство по п.17 или 18, в котором острая кромка образует, по существу, прямой угол.

20. Устройство по любому из пп.17-19, в котором поток газа и жидкости образуют в смесителе однородную смесь.

35 21. Турбулентный смеситель по любому из пп.17-20, который используется для абсорбции выбранного газового компонента из потока газа посредством введения потока газа в контакт с жидкостью, включающей растворитель или реагент для выбранного газового компонента.

22. Турбулентный смеситель по любому из пп.17-20, который используется для поглощения H_2S из природного газа.

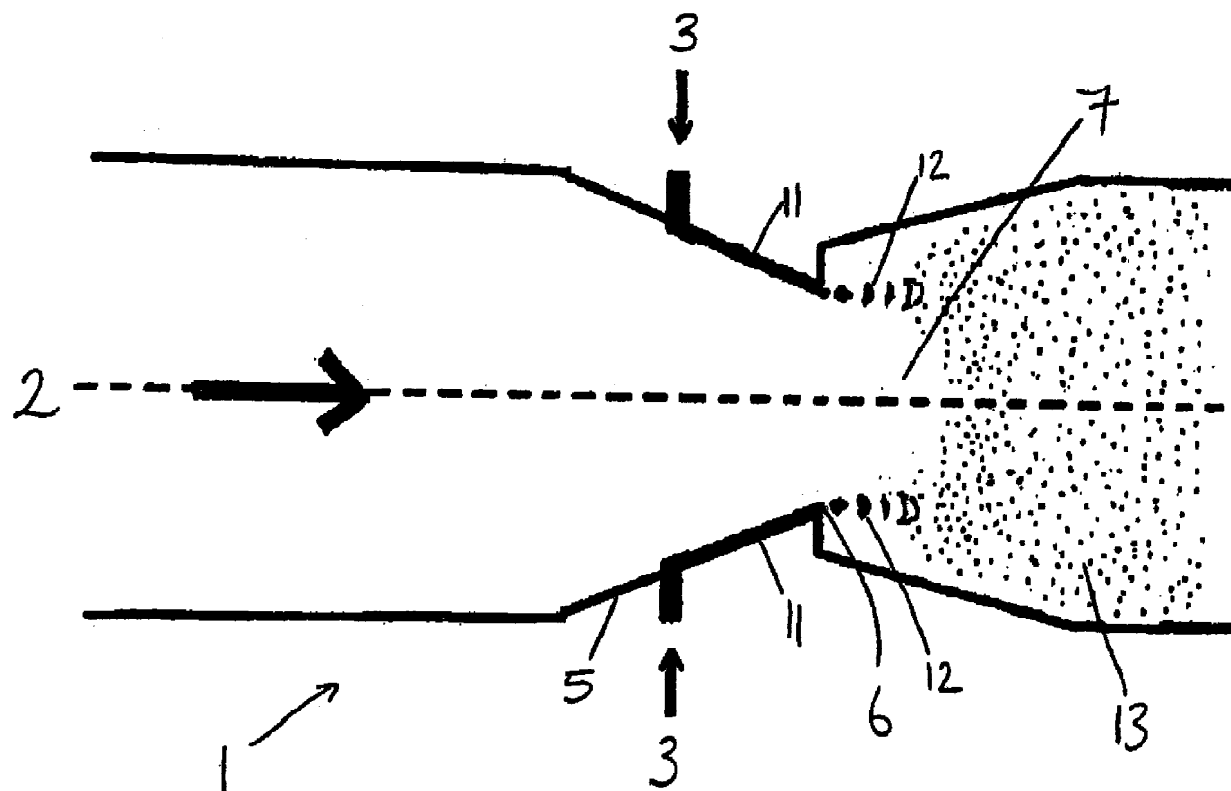
40 23. Турбулентный смеситель по любому из пп.17-20, который используется для избирательного извлечения H_2S из природного газа предпочтительно перед CO_2 .

24. Турбулентный смеситель по любому из пп.17-20, который используется для одновременного извлечения кислых газовых компонентов из потока природного газа.

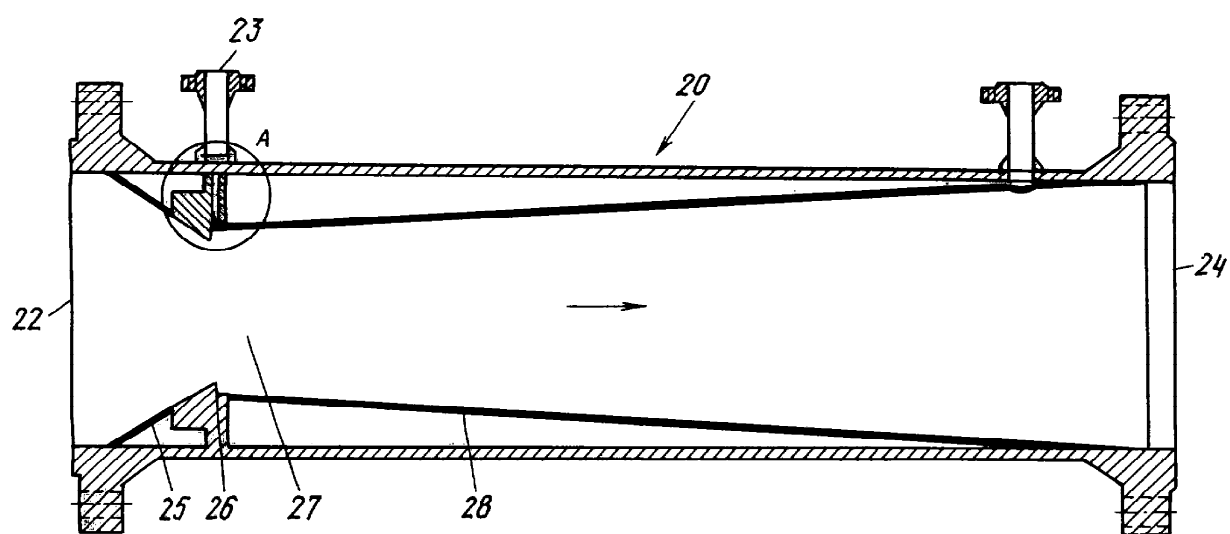
45 25. Турбулентный смеситель по любому из пп.17-20, который используется в комбинации с существующими колоннами для адаптации существующей установки к изменению условий питания.

26. Турбулентный смеситель по любому из пп.17-20, который используется для обескислороживания воды.

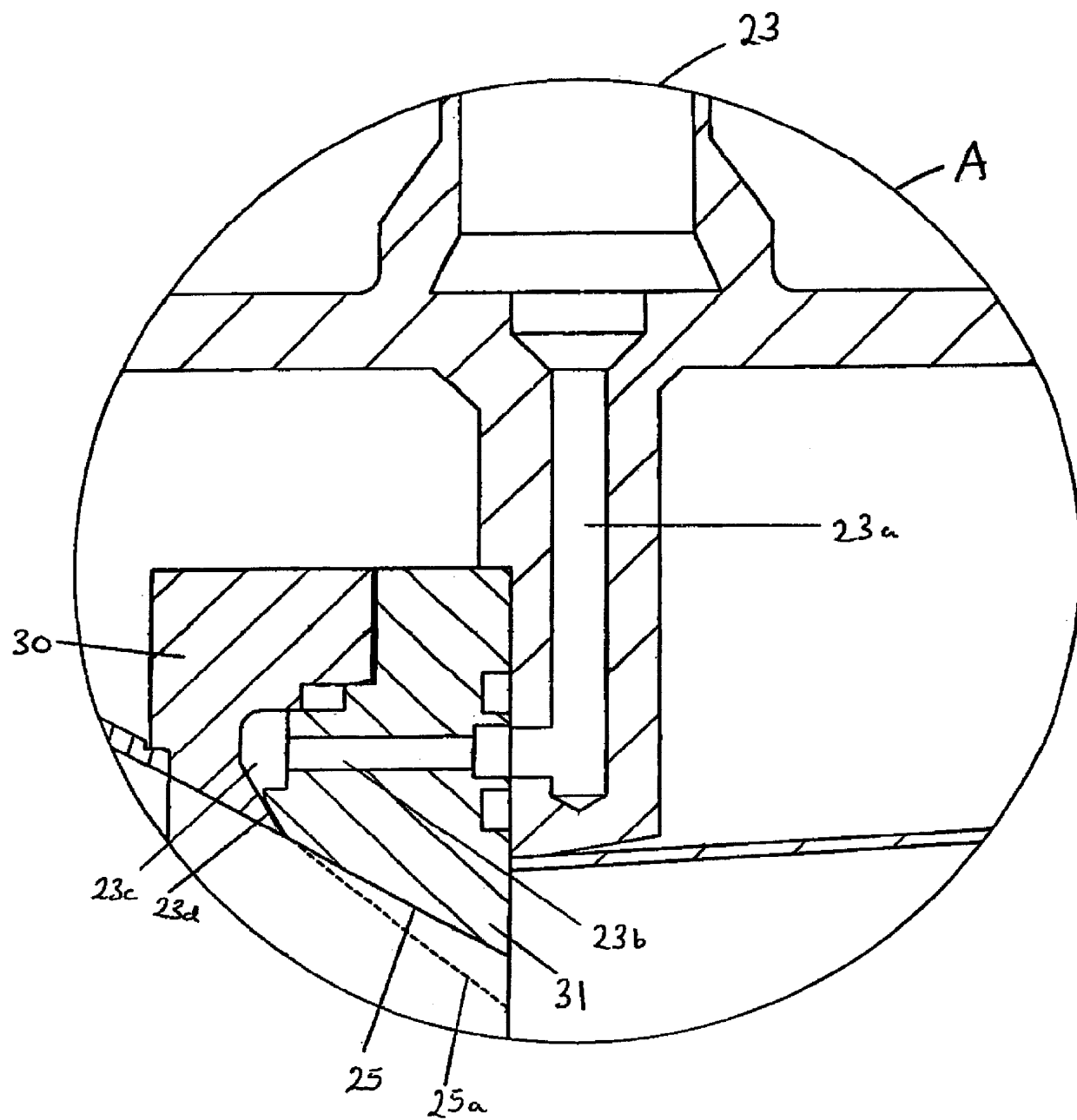
50 27. Турбулентный смеситель по любому из пп.17-20, который используется для обезвоживания природного газа.



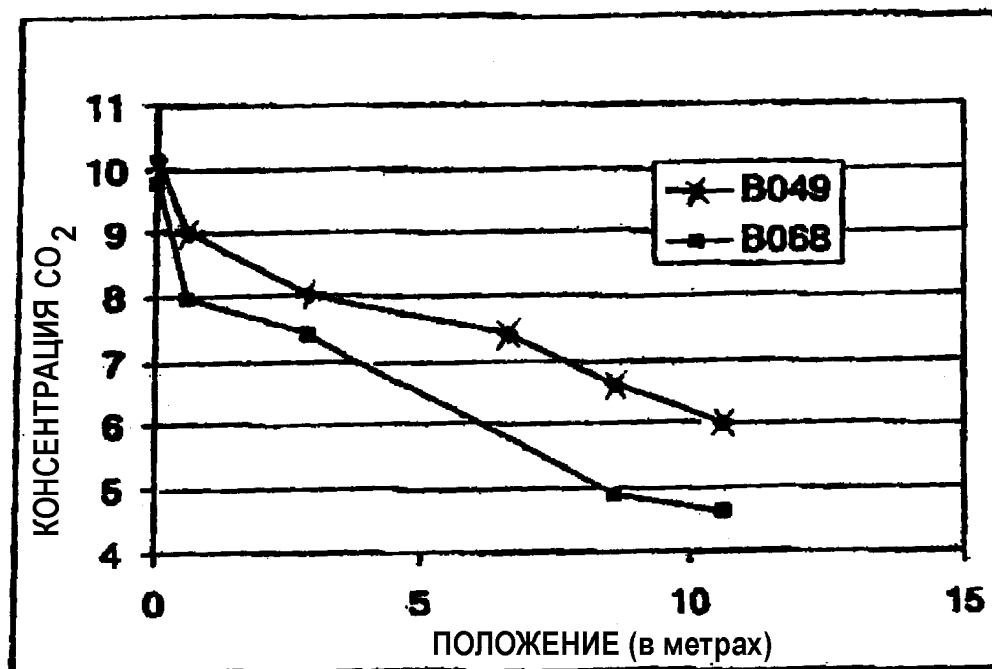
ФИГ. 2



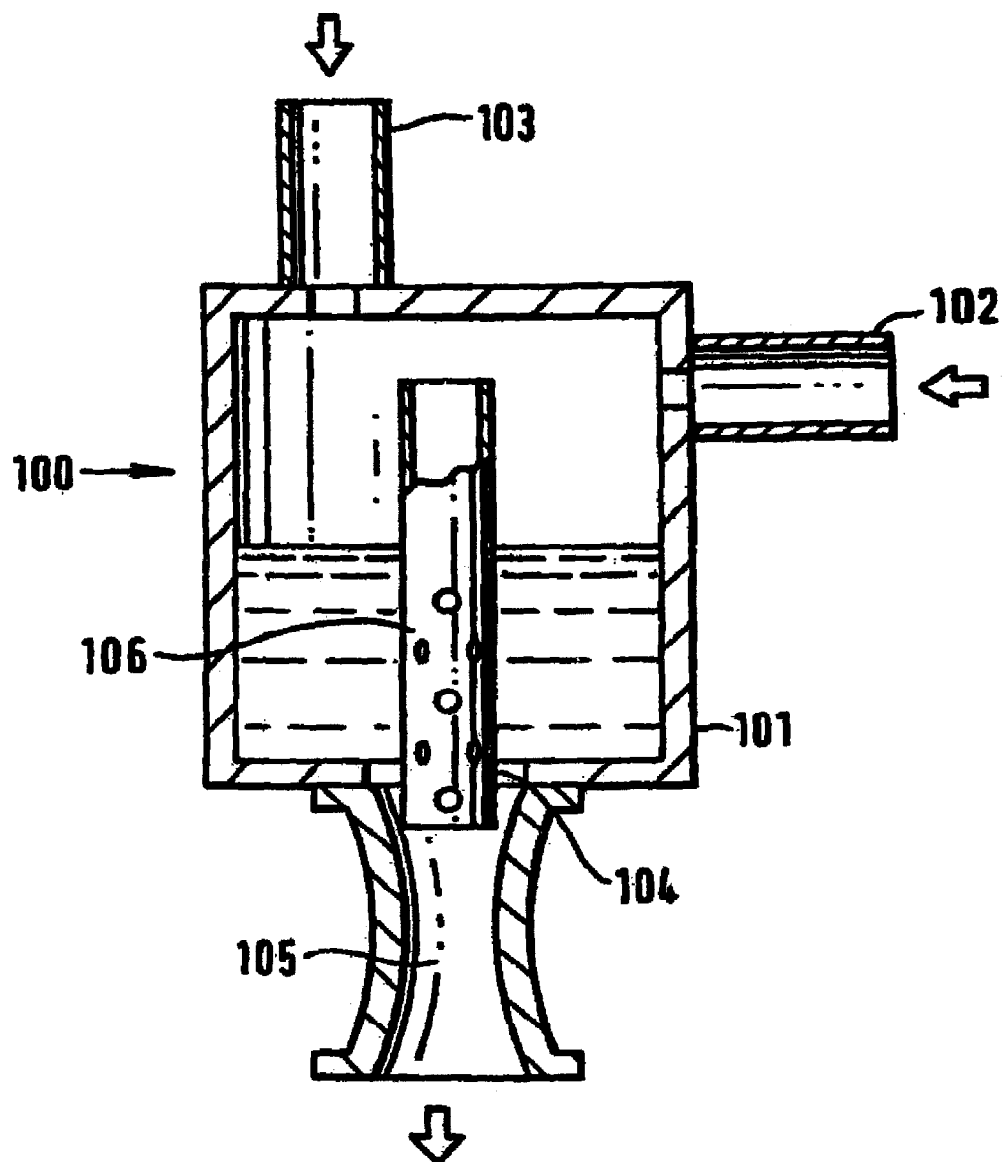
Фиг. 3



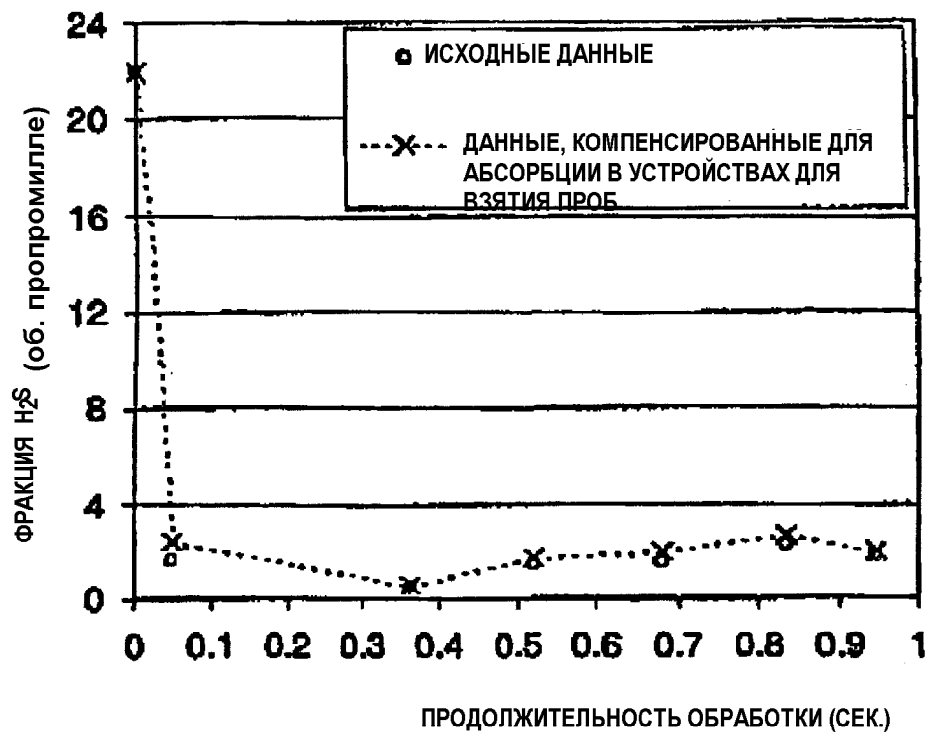
ФИГ. 4



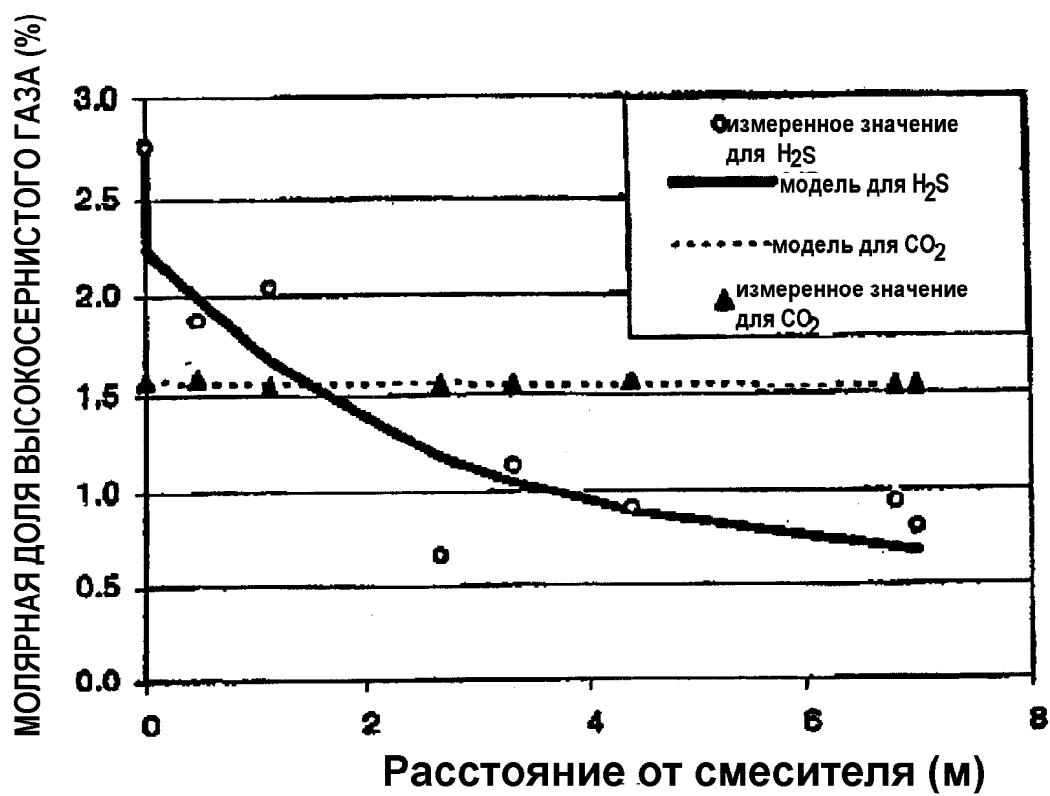
ФИГ. 5



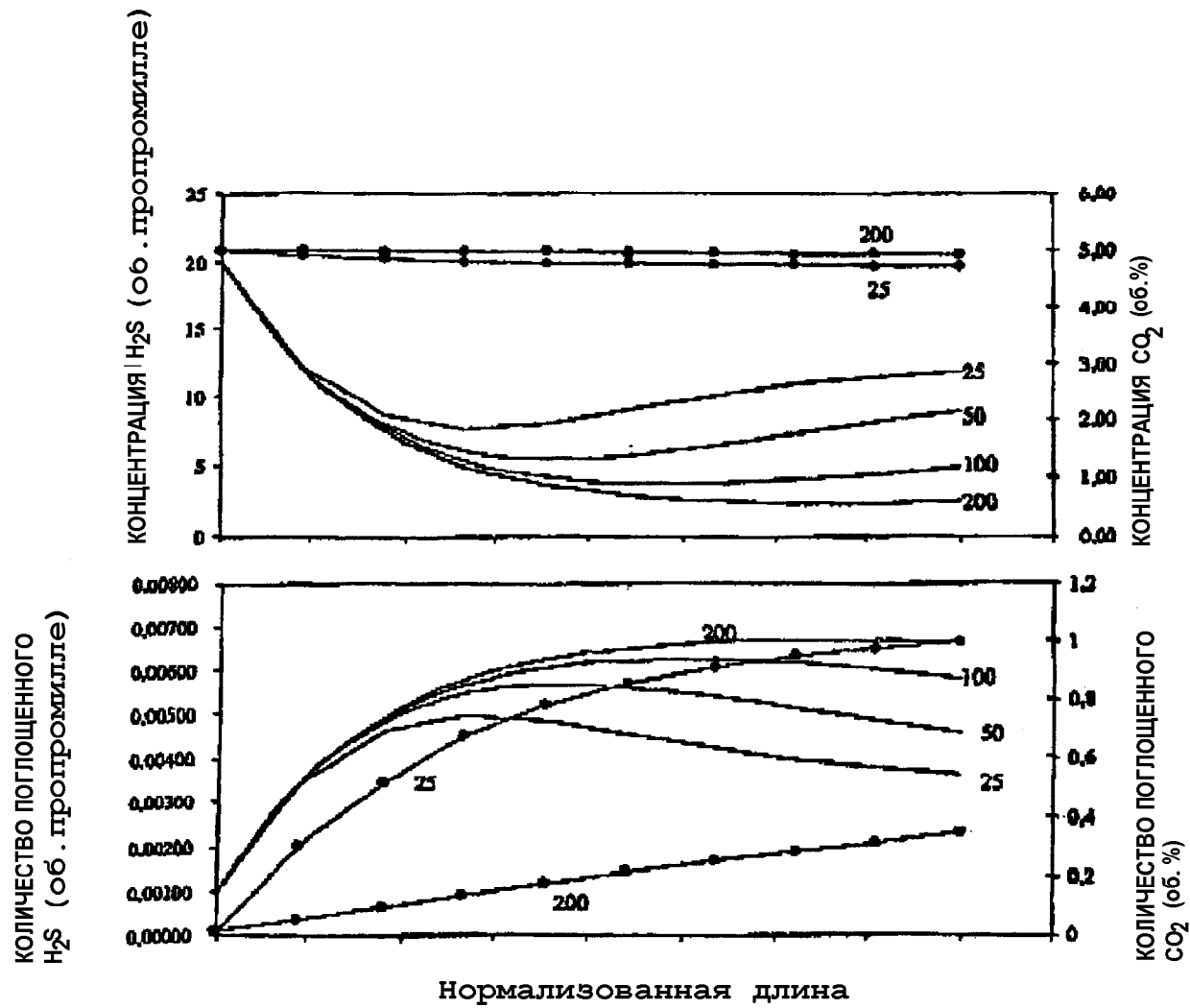
ФИГ. 6



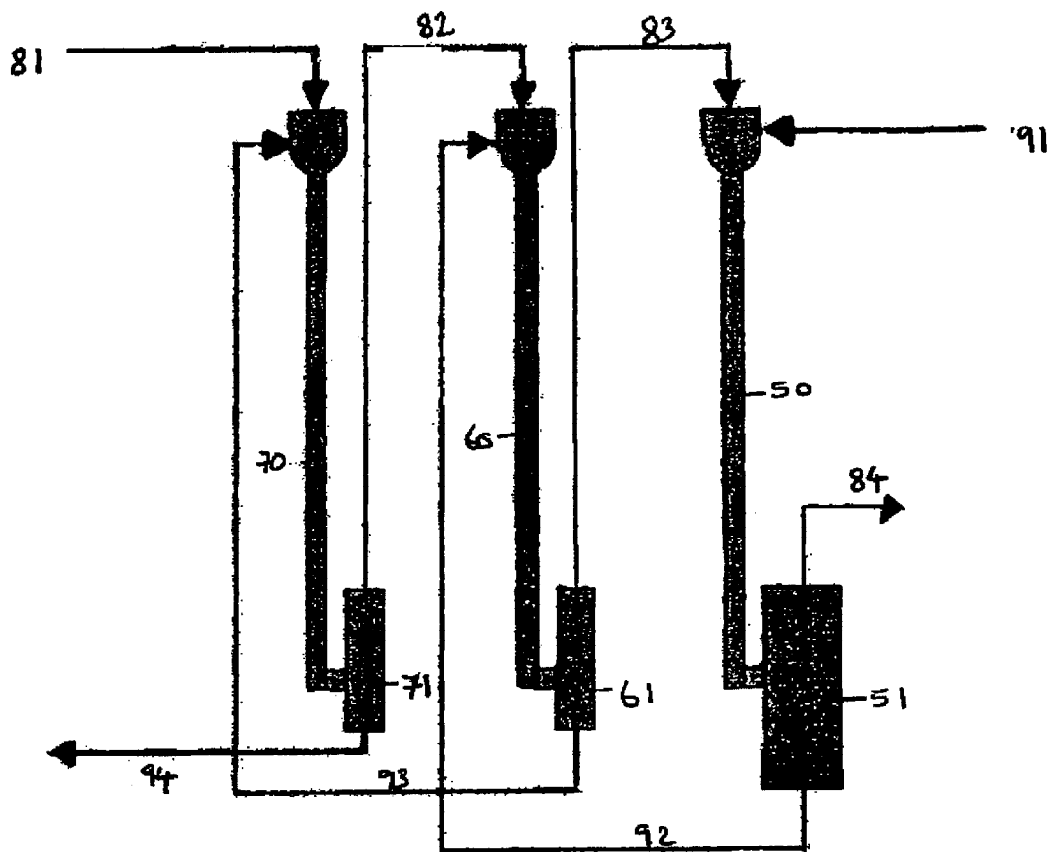
ФИГ. 7



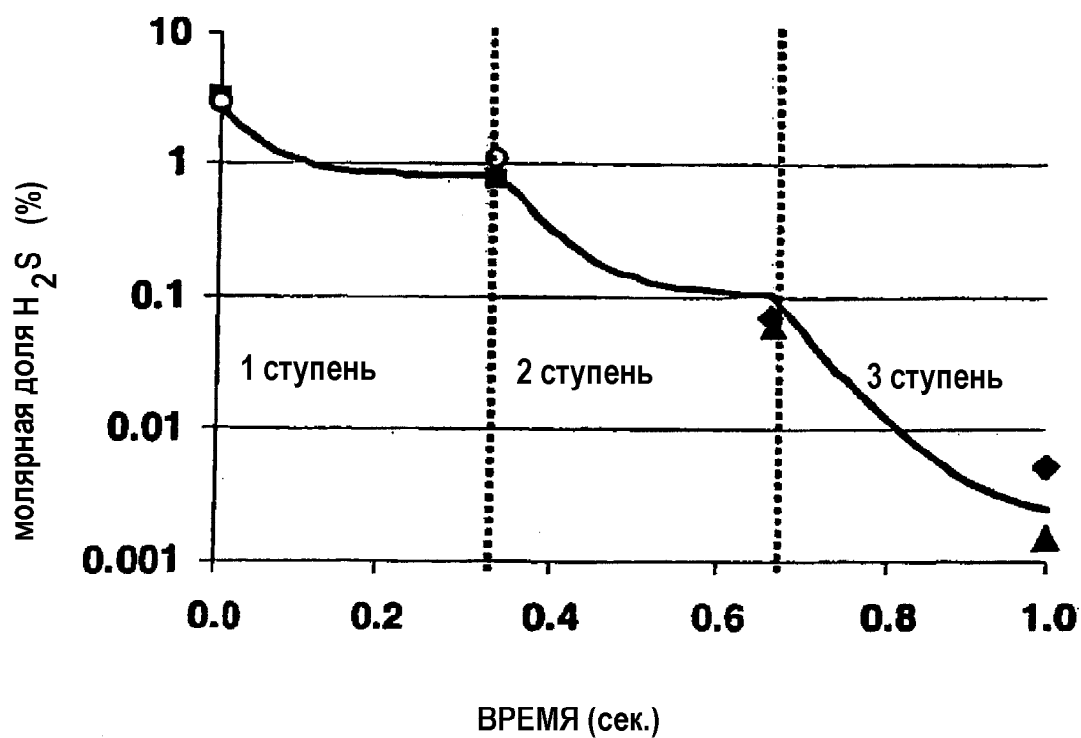
ФИГ. 8



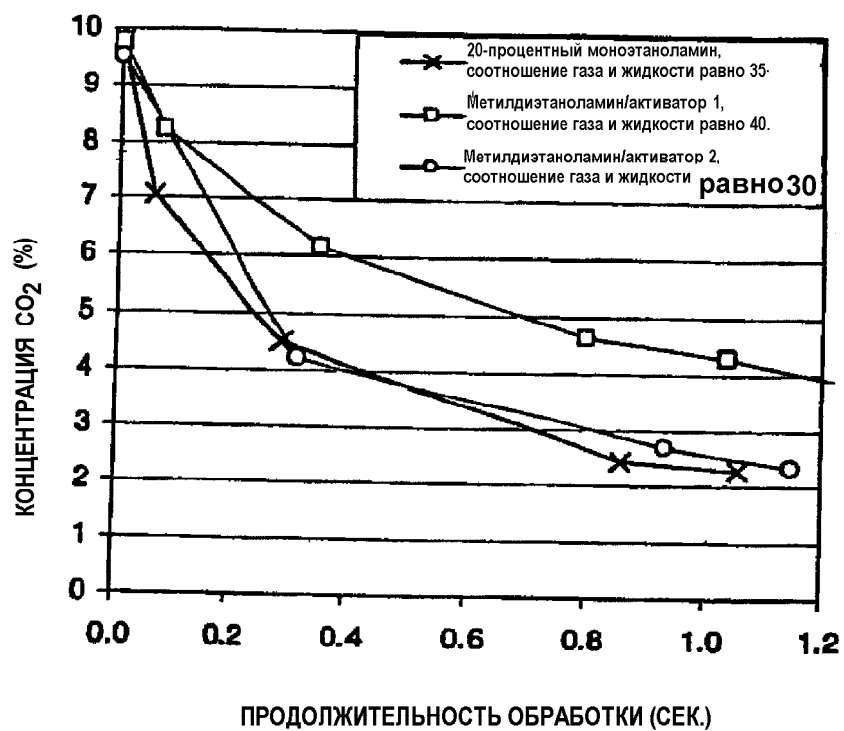
ФИГ. 9



ФИГ. 10а



ФИГ. 10b



ФИГ. 11